菇類栽培替代性資材之開發

梁志欽[1,*]、黃仕政[2]、吳秋曄[3]、蔡淑瑤[4]、梁志弘[2]、吳寬澤[5]、毛正倫[6]

[1]大葉大學生物資源學系

[2]中州科技大學保健營養系

[3]中州科技大學餐飲廚藝系

[4]亞洲大學保健營養生技學系

[5]農業試驗所植物病理組

[6]中興大學食品暨應用生物科技學系

[*]通訊作者電子信箱: zcliang@mail.dyu.edu.tw

摘要

台灣菇類的產量(以鮮菇計)約14萬公噸/年，估計每年至少需要35萬公噸的木屑。由於台灣森林面積有限且因過度開發而逐漸縮減，未來可能因林木資源缺乏，導致菇類栽培產業無法持續發展。爲尋求取代木屑栽培菇類的替代性資材，本研究分別以三種牧草植物(鋪地黍、狼尾草、玉米桿)和三種農業廢棄物(蔗渣、稻草、稻殼)取代部分木屑進行珊瑚菇、秀珍菇、木耳和杏鮑菇的栽培試驗。根據生物效率的結果顯示，鋪地黍、狼尾草、玉米桿和蔗渣均適合做爲栽培珊瑚菇的替代性資材，其中以蔗渣最佳；玉米桿和蔗渣適合做爲栽培秀珍菇的替代性資材，其中以蔗渣最佳；鋪地黍、玉米桿和稻草適合做爲栽培杏鮑菇的替代性資材，其中以玉米桿最佳；鋪地黍、玉米桿和蔗渣適合做爲栽培木耳的替代性資材，其中以玉米桿最佳。

關鍵詞：: 牧草植物、農業廢棄物、珊瑚菇、秀珍菇、木耳、杏鮑菇、菇類栽培。

緒 言

全球菇類產業在近幾十年來蓬勃發展，菇類產量逐年提升[4]，而菇類所賴以生長的木屑需求量亦不斷增加。近幾年來台灣菇類的生產量(以鮮菇計)約14萬公噸/年，若以栽培數量而計，其中以太空包栽培香菇約有1億6,000萬包/年，杏鮑菇約有6,000萬包/年，秀珍菇約有3,500萬包/年，木耳約有3,000萬包/年，而以塑膠瓶栽培金針菇約有1億7,000萬瓶/年[2]，保守估計每年至少需要35萬公噸的木屑，換言之每年至少要砍伐等重量的樹木。眾所周知大量砍伐樹木會造成森林逐漸消失，大氣調節功能破壞，加速溫室效應，生態環境失去平衡。爲減緩樹木砍伐的速度，許多研究報告早已在尋求取代木屑栽培菇類的適合材料。例如:Bonatti等[3]利用稻草和香蕉葉進行*Pleurotus ostreatus* 及*P. sajor-caju*的栽培研究; Pant等[9]以麥草和蔗渣栽培*Pleurotus florida*、*P. pulmonarius* 及*P. sajor-caju*。Tisdale等(2006)利用五種入侵夏威夷的外來樹種(*Falcataria moluccana*、*Casuarina equisetifolia*、*Eucalyptus grandis*、*Psidium cattleianum*、*Trema orientalis*)之木屑栽種*Pleurotus ostreatus*; Das等人[5]以印度當地常見的獅耳花屬(*Leonotis* sp.)、細葉金午時花(*Sida acuta*)、銀膠菊(*Parthenium argentatum*)等草本植物栽培蠔菇，其中以獅耳花屬和稻草以1:1的配方可得到最高產量。

台灣人工栽培的菇類大部分是屬於木生菌，其主要的培養料爲闊葉木木屑，因此每年需要相當數量的木材。然而台灣的森林面積不僅有限且因過度的開發而逐漸縮減，若按目前的栽培方式，終有一天台灣的林木資源會無法滿足菇類產業的需要，導致此一產業無法持續發展。雖然近年來台灣菇類栽培所需的木屑已有捉襟見肘的現象產生，而必須向其他國家進口，但這不是根本解決的辦法，因此極需產官學研等各界一起思考，未雨綢繆地建立改善的方法。本研究爲了尋求適合的材料作爲栽培菇類的介質，選擇3種常見的牧草植物如鋪地黍、狼尾草和玉米桿，及本地的3種農業廢棄物如蔗渣、稻草和稻殼取代木屑栽種珊瑚菇、秀珍菇、杏鮑菇和木耳，進行菌絲生長、子實體產量和生物效率的探討。

珊瑚菇栽培試驗

一、珊瑚菇菌絲的生長情形

珊瑚菇菌絲在鋪地黍爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快；在狼尾草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在玉米桿爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在蔗渣爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快；在稻草爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快；在稻殼爲介質中，以取代10 %木屑的配方生長較快。整體而言，以玉米桿爲介質的培養基珊瑚菇菌絲生長最快，其中又以取代1/3木屑的配方最快，以蔗渣爲介質的培養基次之，此顯示玉米桿和蔗渣爲適合珊瑚菇菌絲生長的介質。

二、珊瑚菇的出菇生物效率

珊瑚菇出菇生物效率方面，對照組爲40.75%。在鋪地黍爲介質中，以取代1/2木屑的配方生物效率較高，爲57.58%；在狼尾草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生物效率較高，爲53.58%；在玉米桿爲介質中，以取代1/2木屑的配方生物效率較高，爲65.40%。在農業廢棄物中，除了以稻草爲介質的配方生物效率低於對照組外，其餘均較對照組高。在蔗渣爲介質中，以取代2/3木屑的配方生物效率較高，爲76.58%；在稻草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生物效率較高，爲33.24%；在稻殼爲介質中，以取代10%木屑的配方生物效率較高，爲46.54%。此顯示以三種牧草植物和蔗渣爲介質可明顯增加珊瑚菇的產量，而以稻草爲介質則會降低珊瑚菇的產量。

秀珍菇栽培試驗

一、秀珍菇菌絲的生長情形

秀珍菇菌絲在鋪地黍爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快；在狼尾草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在玉米桿爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快；在蔗渣爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在稻草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在稻殼爲介質中，以取代20%木屑的配方生長較快。整體而言，以玉米桿和蔗渣爲介質的培養基秀珍菇菌絲生長較快，其中玉米桿以取代1/2木屑的配方最快，以蔗渣取代1/3木屑的配方次之，由結果顯示玉米桿和蔗渣均爲適合秀珍菇菌絲生長的介質。

二、秀珍菇的出菇生物效率

秀珍菇出菇生物效率方面，本試驗僅採收三潮菇，總計對照組生物效率爲39.55%。在鋪地黍爲介質中，以取代1/2木屑的配方生物效率較高，爲57.16%；在狼尾草爲介質中，以取代2/3木屑的配方生物效率較高，爲46.89%；在玉米桿爲介質中，以取代2/3木屑的配方生物效率較高，爲58.33%(圖一)。比較三種介質的生物效率以玉米桿爲最高，次爲鋪地黍，最低爲狼尾草，但狼尾草的三個不同配方培養基生物效率較接近。在農業廢棄物中，除了以蔗渣爲介質較對照組高外，其餘以稻草和稻殼的不同配方均較對照組低。在蔗渣爲介質中，以取代2/3木屑的配方生物效率較高，爲75.44%；在稻草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生物效率較高，爲27.29%；在稻殼爲介質中，以取代10%木屑的配方生物效率較高，爲28.52%。比較六種介質的生物效率以蔗渣爲最高，次爲玉米桿，此顯示以蔗渣和玉米桿爲介質可明顯增加秀珍菇的產量，而以稻草和稻殼爲介質則會降低秀珍菇的產量。

杏鮑菇栽培試驗

一、杏鮑菇菌絲的生長情形

杏鮑菇菌絲長滿培養基的時間，對照組爲36.5天，以鋪地黍爲介質的培養基介於34.1-38.4天，以狼尾草爲介質的培養基介於37.7-41.7天，以玉米稈爲介質的培養基介於37.0-45.3天，以蔗渣爲介質的培養基介於31.1-37.6天，以稻草爲介質的培養基介於35.5-39.1天，以稻殼爲介質的培養基介於35.8-45.3天。

菌絲生長速率方面，對照組爲4.38 mm/day，在鋪地黍爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲4.69 mm/day；在狼尾草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲4.24 mm/day；在玉米稈爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲4.33 mm/day；在蔗渣爲代料中，以取代1/2木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲5.14 mm/day；在稻草爲介質中，以取代1/2木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲4.51 mm/day；在稻殼爲介質中，以取代30 %木屑的配方生長較快，菌絲生長速率爲4.47 mm/day。結果顯示，大部分的試驗組培養基之生長速率較對照組慢。在所有的試驗組培養基中則以蔗渣爲介質的培養基之生長速率較對照組快，其次爲以鋪地黍取代1/2木屑的配方。

二、杏鮑菇的出菇生物效率

經低溫刺激後杏鮑菇原基體出現的時間，對照組爲9.8天，以鋪地黍爲介質的培養基介於6.3-6.7天，以狼尾草爲介質的培養基介於8.8-10.8天，以玉米稈爲介質的培養基介於6.2-11.3天，以蔗渣爲介質的培養基介於8.7-11.3天，以稻草爲介質的培養基介於7.8-9.5天，以稻殼爲介質的培養基介於10.8-12.0天。一般而言，以鋪地黍和稻草爲介質的培養基原基體出現的時間較對照組快；以狼尾草和玉米稈爲介質的培養基，隨著添加量增加，低溫刺激原基體出現的時間會增加。

本試驗無論實驗組或對照組配方亦皆僅採收1潮菇。對照組的生物效率爲69.91 %，以鋪地黍爲介質的三種配方之生物效率，均高於對照組，以取代1/2木屑的配方生物效率最高，達84.38 %；以狼尾草爲介質的三種配方之生物效率，除以取代1/3木屑的配方生物效率高於對照組，達77.34 %，餘均低於對照組；以玉米稈爲介質的三種配方之生物效率，亦均高於對照組，以取代1/3木屑的配方生物效率最高，達93.25 %(圖二)；以蔗渣爲介質的三種配方之生物效

率，除蔗渣取代1/3木屑的配方外，均高於對照組，以取代2/3木屑的配方生物效率最高，達90.11 %；以稻草爲介質的三種配方之生物效率，則均高於對照組，其中以取代2/3木屑的配方生物效率最高，達86.15 %；但以稻殼爲介質的三種配方之生物效率，則均低於對照組。

杏鮑菇出菇時每包太空包生產的菌柄數目不均，即使是同一種配方亦有差異，進而可能會影響產量。經統計結果，每包平均菌柄數目對照組爲4.5支，以鋪地黍爲介質的培養基介於4.0-5.0支，以狼尾草爲介質的培養基約爲3.7支，以玉米桿爲介質的培養基介於4.2-6.0支，以蔗渣爲介質的培養基介於2.8-3.9支，以稻草爲介質的培養基介於2.8-5.0支，以稻殼爲介質的培養基介於2.0-2.6支。每支菌柄的平均重量對照組爲56.1 g，以鋪地黍爲介質的培養基均高於對照組，介於61.9-76.0 g；以狼尾草爲介質的培養基亦均高於對照組，介於66.0-95.8 g；以玉米桿爲介質的培養基則僅取代1/3木屑的培養基低於對照組，餘均高於對照組，介於51.7-65.0 g；以蔗渣爲介質的培養基介於50.1-89.0 g；以稻草爲介質的培養基介於58.7-78.3 g；以稻殼爲介質的培養基則均低於對照組，介於24.3-37.9 g。

本研究試驗顯示杏鮑菇菌絲生長速率較快的配方，出菇的生物效率並非最高。由生物效率的結果顯示，以鋪地黍爲介質的培養基生物效率高於對照組爲12.0-20.7 %；以玉米桿爲介質的培養基生物效率高於對照組為6.2-33.4 %。以蔗渣為介質的培養基生物效率(除取代1/3木屑的配方)高於對照組為17.6-28.9 %，以稻草為介質的培養基生物效率高於對照組為2.9-23.2 %，以稻殼為介質的培養基生物效率則低於對照組為52.9-69.9 %。由生物效率的結果顯示，鋪地黍、玉米桿、蔗渣和稻草均適合做為取代木屑栽培杏鮑菇的資材。

圖一、以玉米桿取代2/3木屑的配方栽種秀珍菇

圖二、以玉米桿取代1/3木屑的配方栽種杏鮑菇

木耳栽培試驗

一、木耳菌絲的生長情形

木耳菌絲長滿培養基的時間，對照組爲35.5天，以鋪地黍爲介質的培養基約38天，以狼尾草爲介質的培養基介於32.0-38.7天，以玉米桿爲介質的培養基約35天，以蔗渣爲介質的培養基介於35.2-37.1天，以稻草爲介質的培養基介於42.8-44.1天，以稻殼爲介質的培養基介於43.5-45.4天。

菌絲生長速率方面，對照組爲4.84 mm/day，在鋪地黍爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在狼尾草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在玉米桿爲介質中，以取代1/2和2/3木屑的配方生長較快。在蔗渣爲介質中，以取代2/3木屑的配方生長較快；在稻草爲介質中，以取代1/3木屑的配方生長較快；在稻殼爲介質中，以取代20 %木屑的配方生長較快。所有的實驗組配方中，僅狼尾草取代1/3木屑的配方的生長速率較對照組快，及蔗渣取代2/3木屑的配方的生長速率與對照組相當，其餘的配方均較對照組慢。

二、木耳的出菇生物效率

本試驗無論實驗組或對照組配方皆可採收四潮菇。總計四潮菇的生物效率對照組爲99.49 %，在鋪地黍爲介質中，以取代2/3木屑的配方生物效率最高，爲148.12 %；在狼尾草爲介質中，以取代1/2木屑的配方生物效率最高，爲129.54 %；在玉米桿爲介質中，以取代1/3木屑的配方生物效率最高，爲145.05 %；以蔗渣爲介質的生物效率均較對照組高，其中以取代1/2木屑的配方最高爲128.45%；以稻草爲介質中，除取代1/3木屑的配方低於對照組，其餘配方均較對照組高，其中以取代2/3木屑的配方最高爲159.14%(圖三)，而且隨著稻草添加的量越多，木耳的產量也越多；在稻殼爲介質中，僅以取代20 %木屑的配方較對照組高，生物效率爲124.47%。

圖三、以稻草取代2/3木屑的配方栽種木耳

由生物效率的結果顯示，以鋪地黍爲介質的培養基生物效率高於對照組爲25-48 %，以狼尾草爲介質的培養基除取代1/3木屑外高於對照組爲27-30 %，以玉米桿爲介質的培養基生物效率高於對照組爲29-45 %，以蔗渣爲介質的培養基生物效率高於對照組爲3.6-29.1 %，以稻草爲介質的培養基除取代1/3木屑配方外高於對照組爲21.6-60.0 %，以稻殼爲介質的培養基生物效率僅取代20%木屑配方高於對照組爲25.1 %。由以上結果顯示，鋪地黍、玉米桿、蔗渣和稻草均適合做爲取代木屑栽培木耳的資材。

結論

本研究分別以3種農業廢棄物和3種牧草植物部分取代木屑栽培珊瑚菇、秀珍菇、杏鮑菇和木耳，初步研究成果已找出取代部分木屑栽培上述菇類的適合介質，使用這些介質有數項優點：(1)不須進行發酵處理，(2)生產成本可降低，(3)產量將可提高，增加收益，(4)可減少農業廢棄物的產生。但以現行的模式仍有其問題或缺點：(1)尚無適合的大型機器大量粉碎上述介質，目前粉碎後的顆粒仍過大，裝填太空包易造成破洞；(2)粉碎後的介質需進行乾燥處理且需有足夠的儲存空間。未來如能解決這些問題或缺點，以上述介質取代木屑栽培菇類的可行性頗高。

誌謝

本文感謝農委會農糧署科技計畫(計畫編號爲96農科-4.2.2-糧-Z2(20)、97農科-4.2.2-糧-Z2(2)、98農科-4.2.2-糧-Z2(15))及96、97、98年度興台計畫經費補助。

引用文獻

1. 林占熺、林輝. 2003. 菌草學. 中國農業科學技術出版社。

2. 陳宗明. 2008. 台灣菇類的發展、現況及面臨的問題. 2008菇蕈生物科技產學論壇.大葉大學. 彰化。

3. Bonatti, M., Karnopp, P., Soares, H. M., and Furlan, S. A. 2004. Evaluation of Pleurotus ostreatus and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. Food Chem. 88:425-428.

4. Chang, S. T. 2005. The role of edible and medicinal mushrooms on human welfare. p.211-219.中國菌物學會首屆藥用眞菌產業發展暨學術研討會論文集第211-219頁. 南通. 江蘇。

5. Das, N., and Mukherjee, M. 2007. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. Bioresource Technology 98:2723-2726.

6. Liang, Z. C., Wu, C. Y., and Wang, J. C. 2005. The evaluation of using mushroom sawdust wastes for cultivation of *Pleurotus citrinopileatus*. Fungal Science. 20(1,2):27-34.

7. Liang, Z. C., Wu, C. Y., Shieh, Z. L., and Cheng, S. L. 2009. Utilization of grass plants for cultivation of *Pleurotus citrinopileatus*. Int. Biodeterior. Biodegrad. 63:509-514.

8. Liang, Z. C., Wu, K. J., Wang, J. C., Lin, C. H., and Wu, C. Y. 2011. Cultivation of the culinary-medicinal lung oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. (Agaricomycetideae) on grass plants in Taiwan. Int. J. Med. Mushrooms. 13(2):193-199.

9. Pant, D., Reddy, U. G., and Adholeya, A. 2006. Cultivation of oyster mushrooms on wheat straw and bagasse substrate amended with distillery effluent. World J. Microbiol. Biotechnol. 22:267-275.

10. Tisdale, T. E., Miyasaka, S. C., and Hemmes, D. E. 2006. Cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on wood substrates in Hawaii. World J. of Microbiol Biotechnol. 22:201-206.

The development of sawdust replacement materials for mushroom cultivation

Zeng-Chin Liang[1,*], Shih-Jeng Huang[2], Chiu-Yeh Wu[3], Shu-Yao Tsai[4], Chih-Hung Liang[2], Kuan-Jzen Wu[5], Jeng-Leun Mau[6]

[1]Department of Bioresources, Da-Yeh University, Datsun, Changhua, Taiwan

[2]Department of Nutrition and Health Science, Chung Chou University of Science and Technology, Yuanlin, Changhua, Taiwan

[3]Department of Culinary Arts, Chung Chou University of Science and Technology, Yuanlin, Changhua, Taiwan

[4]Department of Health and Nutrition Biotechnology, Asia University, Wufeng, Taichung, Taiwan

[5]Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan

[6]Department of Food Science and Biotechnology, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

*Corresponding author, e-mail: zcliang@mail.dyu.edu.tw

Abstract

In the recent, the yield of cultivated mushrooms was held at about 140,000 tons yearly in Taiwan. Most of the cultivated mushrooms are saprophytic, wood-decomposing fungi. Therefore, the demand of sawdust, which is the main substrate for mushroom cultivation, is very extensive. However, owing to not only limited but also over deforestation, the area of forest in Taiwan is gradually decreased. According

to the present cultivated style for mushrooms, the forest resource in Taiwan will not meet the demand of mushroom's industry, which is result in hindering the development of this industry. In order to seek sawdust replacement materials for mushroom cultivation, this research was to partially replace sawdust by three grass plants (*Panicum repens*, *Pennisetum purpureum* and *Zea mays*) and three agricultural wastes (bagasse, rice straw and rice hull) for *Pleurotus citrinopileatus*, *P. sajor-caju*, *P. eryngii* and *Auricularia polytricha* cultivation, respectively. According to the results, it is feasible for using *P. repens*, *P. purpureum*, *Z. mays* and bagasse partial replaced sawdust on cultivation of *P. citrinopileatus*, especially bagasse; *Z. mays* and bagasse for cultivation of *P. sajor-caju*, especially bagasse; Panicum repens, Zea mays and rice straw for cultivation of *P. eryngii*, especially Zea mays; Panicum repens, Zea mays and bagasse for cultivation of *A. polytricha*, especially Zea mays.

Key words: grass plant, agricultural waste, *Pleurotus citrinopileatus*, *P. sajor-caju*, *P. eryngii*, *Auricularia polytricha*, mushroom cultivation